

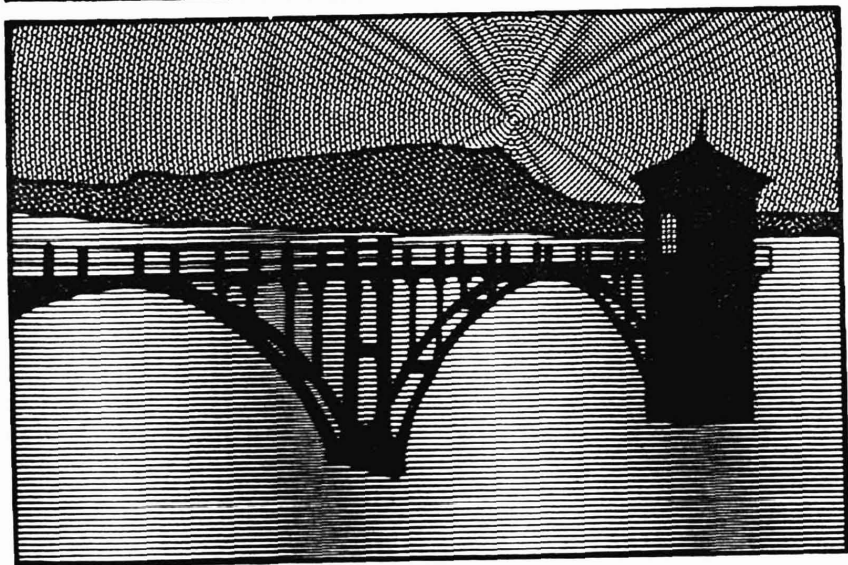
# BIOLOGIA ACUATICA

ISSN 0326-1638

Nº 7

LIMNOLOGIA FISICA DEL EMBALSE RIO III  
(Térmica, hidrología y derivaciones biológicas)

A. Boltovskoy  
M. Foggetta



**BIOLOGIA ACUATICA Nº 7**

---

**LIMNOLOGIA FISICA DEL EMBALSE RIO TERCERO  
(Térmica, hidrología y derivaciones biológicas)**

por

Andrés BOLTOVSKOY y María FOGGETTA

---

**Contribución Científica Nº 287  
del INSTITUTO DE LIMNOLOGIA "Dr. RAUL A. RINGUELET"**

**LA PLATA  
OCTUBRE 1985**

## **CONTENIDO**

**Pág.**

<b>3</b>	<b>SUMMARY</b>	
<b>3</b>	<b>INTRODUCCION</b>	
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	
<b>4</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DEL EMBALSE</b>	
	UBICACION GEOGRAFICA	
	CLIMA	
	PRECIPITACIONES Y EVAPORACION	
	MORFOMETRIA Y SEDIMENTACION	
<b>6</b>	<b>HIDROLOGIA</b>	
	CICLO HIDROLOGICO	
	TASA Y TIEMPO DE RENOVACION	
<b>8</b>	<b>TERMICA</b>	
	TRABAJOS PRECEDENTES	
	DIAGRAMAS PROFUNDIDAD --TIEMPO DE LAS ISOTERMAS	
	GRADIENTE TERMICO VERTICAL Y FLUCTUACIONES DE NIVEL	
	PERFILES TERMICOS	
<b>18</b>	<b>EMBALSE RIO III vs. EMBALSE CASSAFFOUSTH</b>	
<b>19</b>	<b>FACTORES FISICOS Y FLORACIONES ALGALES</b>	
<b>21</b>	<b>EL FUTURO DEL EMBALSE RIO III</b>	
<b>23</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>24</b>	<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>25</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	

## SUMMARY

**PHYSICAL LIMNOLOGY OF THE RIO TERCERO RESERVOIR** (heat, hydrology and biological derivations).

Information on physycal limnology of the Embalse Río Tercero, a warm monomictic reservoir located in the province of Córdoba (Argentina) is here analyzed. Relationships between hydrology and temperature distributions during 1977-1980, compared with data from other moments of the reservoir's hystory. The influence of these factors on algal blooms are mentioned. Differences of heat distribution in Embalse Río Tercero and the neighboring Cassaffouth reservoir are noted in relation with hydrological particularities of each one. The possibility of further modifications in the ecosystem are outlined.

## INTRODUCCION

El presente es un intento de sistematizar y analizar la información bibliográfica y propia acerca de la limnología física, particularmente la térmica y la hidrología, del Embalse Río Tercero. Complementan este estudio observaciones sobre la relación que existe entre estos factores y el desarrollo de floraciones algales, así como la comparación con algunos aspectos del comportamiento térmico e hidrológico de un cuerpo de agua vecino, el embalse Cassaffouth. Tanto el ciclo térmico, como las grandes fluctuaciones del nivel de agua son de fundamental importancia ya que ambos inciden sobre los demás parámetros limnológicos, influyendo directa o indirectamente sobre la vida en el embalse.

Los datos aquí utilizados son anteriores a la puesta en marcha de la Central Nuclear Embalse y el Complejo Hidroeléctrico Río Grande Nº 1, cuya actividad introducirá modificaciones, hasta cierto punto previsibles, en el ambiente estudiado.

## ANTECEDENTES

Los análisis de la térmica presentados en los trabajos anteriores que se ocuparon de la limnología del embalse, ofrecen resultados fragmentarios o contradictorios. Por su parte, el comportamiento hidrológico fue por lo general desestimado como factor ecológico.

Las características del embalse, los datos climáticos, hidrológicos y morfométricos utilizados en el presente estudio fueron obtenidos o calculados a partir de información inédita brindada por la Comisión Nacional de Energía Atómica y la empresa Agua y Energía Eléctrica, así como de Fitz Simon (1938), Boschi & Fuster de Plaza (1958), Drago & Depretis (1974), Bonetto et al. (1976), Berri & Robbio (1983) y Zunino & Migliori (1983). Este último contiene registros de temperatura y cotas de las aguas del embalse obtenidos a lo largo de varios años, que fueron particularmente útiles. Observaciones propias realizadas a lo largo de cuatro ciclos anuales (1977-1981) permitieron correlacionar las características físicas del embalse con algunos de los parámetros biológicos y facilitaron el correcto tratamiento e interpretación de la información analizada.

## **CARACTERISTICAS GENERALES DEL EMBALSE**

### **UBICACION GEOGRAFICA**

El Embalse Río III se encuentra en el valle de Calamuchita, en la región de las Sierras Chica de la provincia de Córdoba a  $64^{\circ} 23' 10''$  O y  $32^{\circ} 10'$  S. Su altura sobre el nivel del mar (al umbral del vertedero) es de 529,4 m según datos del Instituto Geográfico Militar, que difiere en 128,1 m de la establecida por Agua y Energía (657,5 m s. n. m.)

### **CLIMA**

El clima de la región es subtropical templado mediterráneo. La temperatura atmosférica oscila entre  $40^{\circ}$  y  $-8^{\circ}$  C, siendo la media de  $16,5^{\circ}$  C. Los vientos prevalentes son del sector NNE igualándose con los del SO en invierno. La velocidad del viento es entre 10 y 12 Km/h desde agosto hasta enero y entre 7 y 9 Km/h durante el resto del año.

### **PRECIPITACION Y EVAPORACION**

Las precipitaciones son abundantes en primavera y verano, con máximas en diciembre, enero y febrero (hasta más de 200 mm mensuales) y muy escasas en invierno. El promedio de 18 años (1951-58 y 1972-81) es de 734 mm anuales. La evaporación en el embalse (1565 mm anuales), constituye algo más del doble de las precipitaciones sobre el mismo. Sin embargo ambos factores poco contribuyen a las grandes variaciones del volumen de agua ya que estos valores (71 y 33  $\text{Hm}^3$  anuales, respectivamente) son ampliamente sobrepasados por los aportes de la cuenca tributaria (3250  $\text{Km}^2$ ), además de coincidir la época de mayor evaporación con la ocurrencia de las lluvias más intensas.

## MORFOMETRIA Y SEDIMENTACION

El Embalse Río III está constituido por dos lóbulos (fig.1). El más grande, situado al oeste, recibe los principales tributarios que son los ríos Santa Rosa, Grande y La Cruz. En el lóbulo este, donde se encuentran las mayores profundidades, se ubica el dique con la usina hidroeléctrica. Ambos lóbulos están unidos por una garganta donde fueron obtenidas la mayor parte de las mediciones de la temperatura aquí utilizadas.

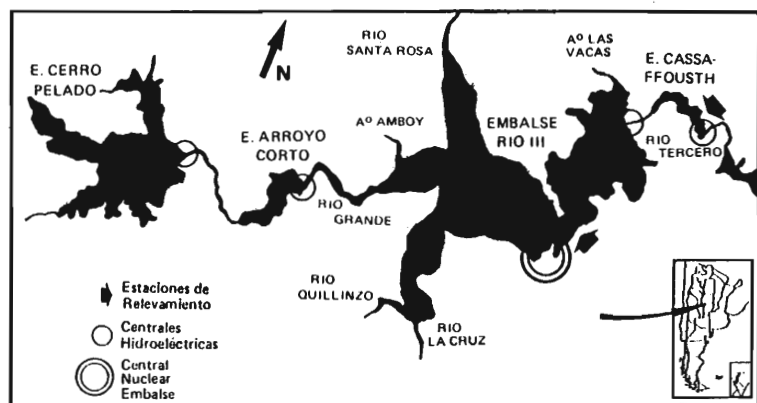


Fig. 1.— ALGUNOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL RIO III.

A causa de las grandes fluctuaciones del nivel de agua, los parámetros morfométricos en el embalse varían, modificándose según el volumen de agua embalsado. Estos también son diferentes, para un volumen dado, en cada uno de sus lóbulos (tabla I). De esta manera la caracterización del ambiente en base a su morfometría resulta poco indicativa. Para la confección de las curvas hipsográfica y de volumen-profundidad (fig. 2) se utilizó el relevamiento de Fitz Simon (1938), ya que el más reciente de Drago & Depetris (1974) se realizó a partir de los 7,37 m por debajo del nivel del vertedero.

Drago & Depetris (op. cit.) calcularon en 1972 que el embalse en su 38 años de vida sufrió una pérdida de su capacidad inicial en un 12,6%, siendo el espesor medio de los sedimentos aportados de 0,85 m, lo cual implica 35 Hm<sup>3</sup>. La determinación del volumen de sedimentos acumulados en las proximidades del dique permitió a estos autores estimar la vida útil del embalse en unos 150 años. Debe entenderse que esto se refiere a la vida útil de la usina hidroeléctrica, ya que si ese ritmo de sedimen-

tación se mantuviera, aproximadamente en un siglo y medio quedaría cubierta su toma de agua superior.

**Tabla 1.— PARAMETROS MORFOMETRICOS DEL EMBALSE RIO III Y DEL EMBALSE CASSAFFOUSTH.**

	EMBALSE RIO TERCERO				EMBALSE CASSAFFOUSTH
	a nivel del vertedero			a la cota de 7,37 m.	a nivel del vertedero
	total	Lóbulo Oeste	Lóbulo Este		
Fuente	Fitz Simon 1938	Original		Drago & Depetris 1974	Agua y Energía Eléctrica
Superficie (Ha)	4529	3243,5	1356,5	2851	88
Volumen (Hm <sup>3</sup> )	560	350	210	241,1	10,5
Perímetro (Km)	95,4	63,8	31,6	75,8	—
Desarrollo de Línea de Costa	3,97	3,16	2,42	4	—
Prof. Máx. (m)	46,5	32,5	46,5	34	28,7
Prof. media (m)	12,2	10,8	15,5	8,4	11,9
Desarrollo de Volumen	0,81	0,99	1,03	0,75	1,24

## HIDROLOGIA

### CICLO HIDROLOGICO

Como ya se ha dicho, una de las características sobresalientes del Embalse Rí III son las grandes variaciones de su nivel de agua. Unos pocos datos pueden ilustrar esto (ver fig. 2): la amplitud de las oscilaciones anuales puede superar los 12 m y la diferencia entre los niveles medios anuales mínimo y máximo registrados, casi llega a los 10 m; la amplitud total de las oscilaciones de nivel en la historia del embalse es de unos 17 m (casi 16 m por debajo del nivel del vertedero y más de un metro por encima del mismo). El nivel mínimo alcanzado, registrado en el verano de 1971-1972, implicó una reducción de más de 3 veces la superficie del embalse y de más de 5,5 veces su volumen, con respecto al nivel cero (ver fig. 2). El agua nunca llega a alcanzar la cota máxima, a la que se encuentra la cresta del dique. Cuando sobrepasa el nivel cero, lo cual suele ocurrir en verano durante la época de lluvias, el excedente es eliminado rápidamente por encima de la cresta del vertedero. El volumen acumulado merma paulatinamente durante la época seca por descarga regulada a través de la

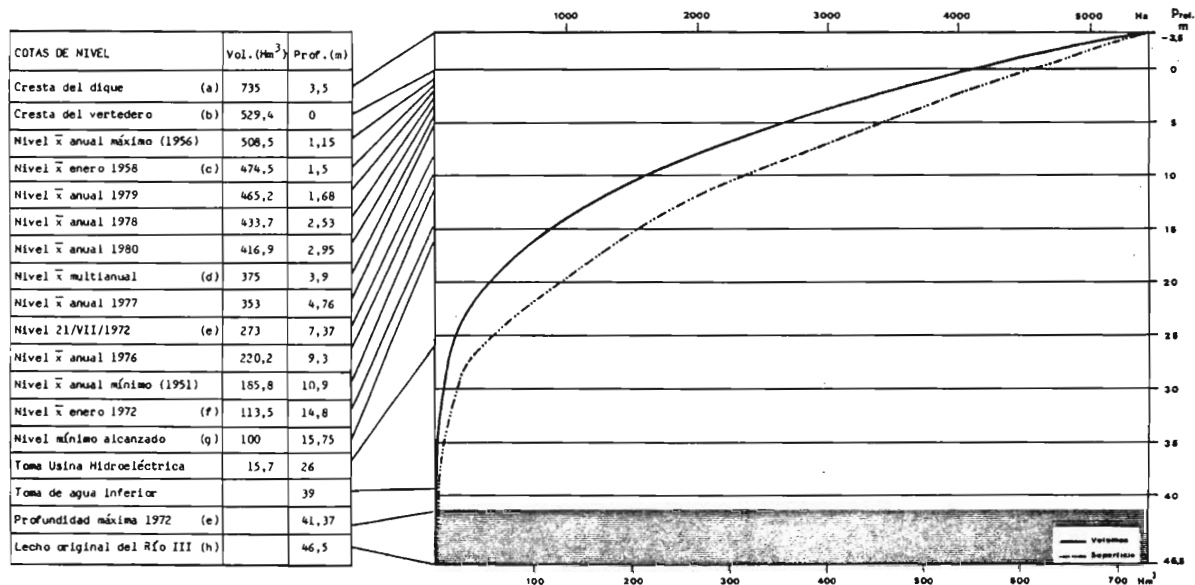


Fig. 2.- PROFUNDIDADES Y VOLUMENES CORRESPONDIENTES A DIFERENTES MOMENTOS Y PUNTOS DE LAS INSTALACIONES DEL DIQUE, REFERIDAS A LAS CURVAS VOLUMEN-PROFUNDIDAD E HIPSOGRAFICA (SUPERFICIE-PROFUNDIDAD) DEL EMBALSE RIO III:

- (a) cota máxima  
 (b) altura sobre el nivel del mar: 657,5 m según Agua y Energía Eléctrica y 529,4 m según el Instituto Geográfico Militar.  
 (c) registros de los perfiles térmicos de Boschi & Fuster de Plaza, 1959.  
 (d) promedio de los años 1951-58, 1976-80.

- (e) relevamiento batimétrico de Drago & Depetris, 1974.  
 (f) perfil térmico estival de Bonetto et al. 1976.  
 (g) diciembre de 1971 y enero de 1972.  
 (h) año 1834, finalización de las obras del dique.

(Curvas basadas en mediciones de Fitz Simon, 1938 y registros de nivel según Agua y Energía Eléctrica).



toma de la Usina Hidroeléctrica situada a 26 m de profundidad así como a través del túnel aliviador a 39 m, mediante un flujo no regulable ya que sus compuertas actualmente se encuentran trabadas. El agua vertida da nacimiento al Río Tercero, único efluente del embalse. Su módulo es de  $27 \text{ m}^3/\text{s}$  oscilando sus caudales medios mensuales entre 2 y  $204 \text{ m}^3/\text{s}$ . Luego de un recorrido de 1 Km el curso del Río Tercero es interrumpido por el embalse nivelador Cassaffouth, el que como se verá más adelante, posee ciertas características hidrológicas y térmicas contrastantes con las del Embalse Río III.

## TASA Y TIEMPO DE RENOVACION

Dividiendo el flujo medio anual por el volumen medio anual ( $852 \text{ Hm}^3/375 \text{ Hm}^3$ ) se obtiene la tasa de renovación media (bruta) que es de 2,27, o sea, algo más de dos volúmenes por año. La inversa, o sea el tiempo medio de renovación o tiempo medio de residencia (de agua en el embalse) es 0,44, lo que equivale a algo menos de medio año para renovar un volumen.

Sin embargo, la tasa de renovación bruta da una idea poco precisa sobre la tasa de renovación real o efectiva, porque mientras que ciertas zonas o niveles del embalse renuevan su agua con gran rapidez (por ejemplo la capa superficial cuando el agua sobrepasa el nivel del vertedero) es probable que masas de agua en otra posición tarden años en ser reemplazadas. Si la tasa de renovación se calculara para diferentes subcompartimentos del embalse, promediando los resultados se obtendría la tasa de renovación efectiva, la que según Margalef *et al.* (1976), para embalses, debe oscilar entre un 60 y un 90% de la tasa de renovación bruta.

Resulta muy difícil llegar a un conocimiento detallado de los esquemas de turbulencia y de flujos internos, necesario para calcular la tasa y el tiempo de renovación efectivos en un cuerpo como el que nos ocupa, cuyos contornos son irregulares, donde los aportes de agua son muy variables a lo largo del año y cuya descarga se realiza en profundidad. El interés que despiertan estos cálculos reside en que todo lo dicho tiene valor no sólo para el agua en sí, sino también para su contenido calórico y los materiales suspendidos o disueltos en ella. Los cálculos pueden complicarse aún más si la distribución de estos últimos es poco homogénea o, como en el caso del plancton, susceptible de variar en cuestión de horas (Margalef *et al.*, 1976; Margalef, 1984).

## TERMICA

### TRABAJOS PRECEDENTES

La mayoría de los antecedentes de estudios sobre la térmica del embalse se basan en datos muy escasos. Marini (1939) presenta dos tablas de distribución vertical de la temperatura hasta 35 m de profundidad para el mes de diciembre con un máximo de  $7,2^\circ \text{C}$  de diferencia entre la superficie y el fondo, de los cuales se infiere la existencia de un perfil térmico como el que se describe más adelante (caso 1).

Boschi & Fuster de Plaza (1959) dan una serie de mediciones de temperatura en distintos lugares del embalse a lo largo de 8 días de enero encontrando "diferentes tipos de estratificación y disposición de las masas de agua según la zona y hora en que se tomaron los datos". En todos los casos existe un gradiente entre superficie y fondo (máximo de  $6,4^{\circ}\text{C}$  en 24 m) registrándose las pendientes más pronunciadas de los perfiles por debajo de los 14 m. Se encuentran una o varias termoclínas en los registros de mayor profundidad.

Los datos presentados por Marini (1939) y Boschi & Fuster de Plaza (1959), están de acuerdo con los más recientes de Zunino & Migliori (1983) y con el análisis que se realiza en el presente trabajo, reflejando la realidad de lo que normalmente sucede durante el verano. Por el contrario, Cordini (1950), que analiza las mediciones de temperatura tomadas día a día durante el año 1946, llega a conclusiones desconcertantes: encuentra un marcado paralelismo entre las curvas de variación anual de la temperatura de superficie y de fondo, hallando una diferencia máxima de  $2,8^{\circ}\text{C}$  (y eso para un sólo día del mes de mayo), con diferencias medias mensuales que oscilan entre  $1,26^{\circ}\text{C}$  (julio) y  $2,43^{\circ}\text{C}$  (octubre). De todos modos su texto no siempre coincide con los gráficos correspondientes.

Bonetto et al. (1976) en un estudio que comprendió un muestreo por cada estación del año, encuentra "perfiles que difieren bastante de los de Boschi & Fuster de Plaza (1959), revelando considerable variabilidad seguramente debida a cambios de profundidad y volumen con los consiguientes flujos internos", con una máxima diferencia de cerca de  $3^{\circ}\text{C}$  entre superficie y fondo en verano y gradiente regular, sin estratificación térmica definida.

Los trabajos más recientes con referencia a la temperatura (Mariuzzi & Conzonno, 1980; Mariuzzi et al., 1981 a, b) incluyen diagramas temperatura-profundidad de las isotermas en el Embalse Río III entre setiembre de 1977 y noviembre de 1979. Los datos fueron tomados en el centro del embalse. Los diagramas son más simples que los aquí presentados y aunque los autores mencionan dos períodos de estratificación estival, el del verano de 1979 pasa casi desapercibido en su esquema.

Zunino & Migliori (1983) publican los registros de temperatura de la columna de agua en el embalse correspondientes al período 1971-1980, con algunas interrupciones más o menos prolongadas. Sus datos fueron tomados en la estación Boya Meteorológica ubicada en el centro del embalse, a unos 2 Km del reactor de la Central Nuclear (fig.1). Según estos autores los promedios de temperatura de superficie en el embalse son de  $20^{\circ}\text{C}$  para primavera y otoño y de  $25,5^{\circ}\text{C}$  y  $13^{\circ}\text{C}$  para verano e invierno respectivamente. Las máximas registradas en verano son  $29,4^{\circ}\text{C}$  (enero) y  $24,1^{\circ}\text{C}$  (febrero), para superficie y fondo respectivamente, y las mínimas, de  $8,1$  y  $7,8^{\circ}\text{C}$  (agosto). Las diferencias entre la temperatura de superficie y la de fondo oscilaron entre  $0,1^{\circ}\text{C}$  (junio-julio) y  $9,9^{\circ}\text{C}$  (enero) y sus promedios mensuales entre  $0,5$  y  $6,6^{\circ}\text{C}$ .

Dado que la información sobre la térmica del Embalse Río III que surge de las diferentes publicaciones es dispar, dejamos para más adelante la discusión de los trabajos precedentes, para ocuparnos primero en detalle de los registros publicados por Zunino & Migliori (op. cit.) y otros inéditos.

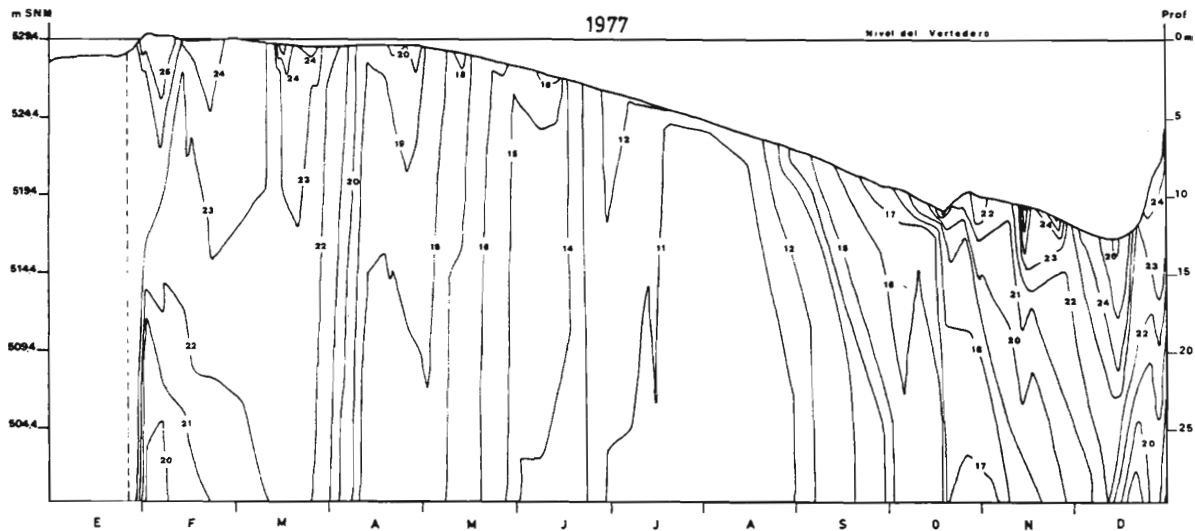


Fig. 3a.- DIAGRAMA PROFUNDIDAD-TIEMPO DE LAS ISOTERMAS (°C) EN EL EMBALSE RÍO III. (1977).

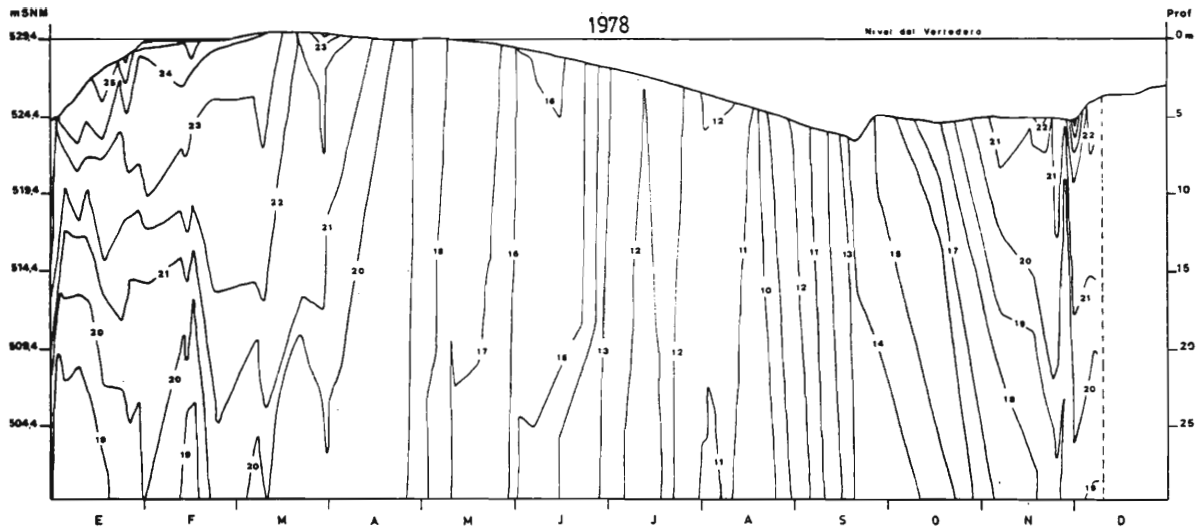


Fig. 3b.— DIAGRAMA PROFUNDIDAD—TIEMPO DE LAS ISOTERMAS (°C) EN EL EMBALSE RIO III (1978).

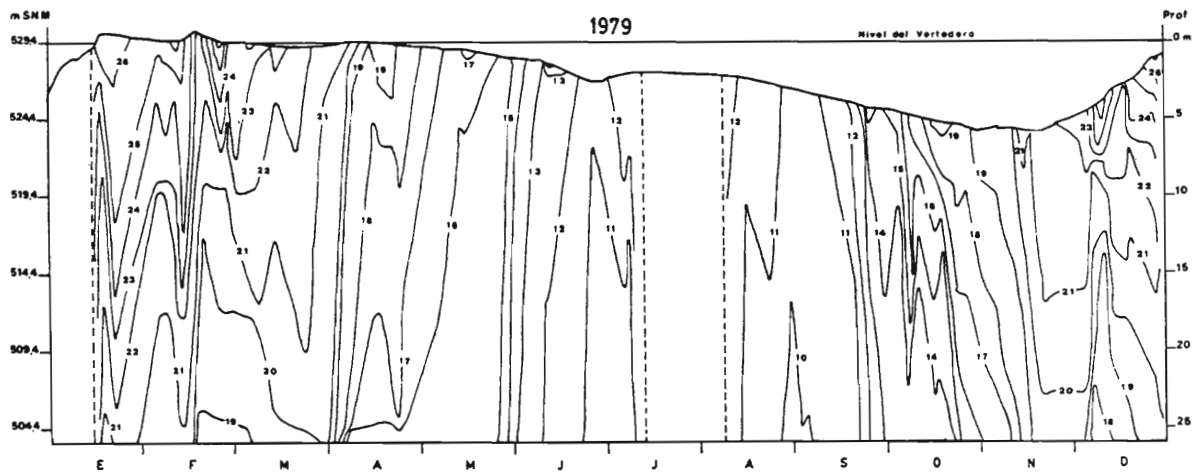


Fig. 3c.— DIAGRAMA PROFUNDIDAD—TIEMPO DE LAS ISOTERMAS (°C) EN EL EMBALSE RIO III (1979).

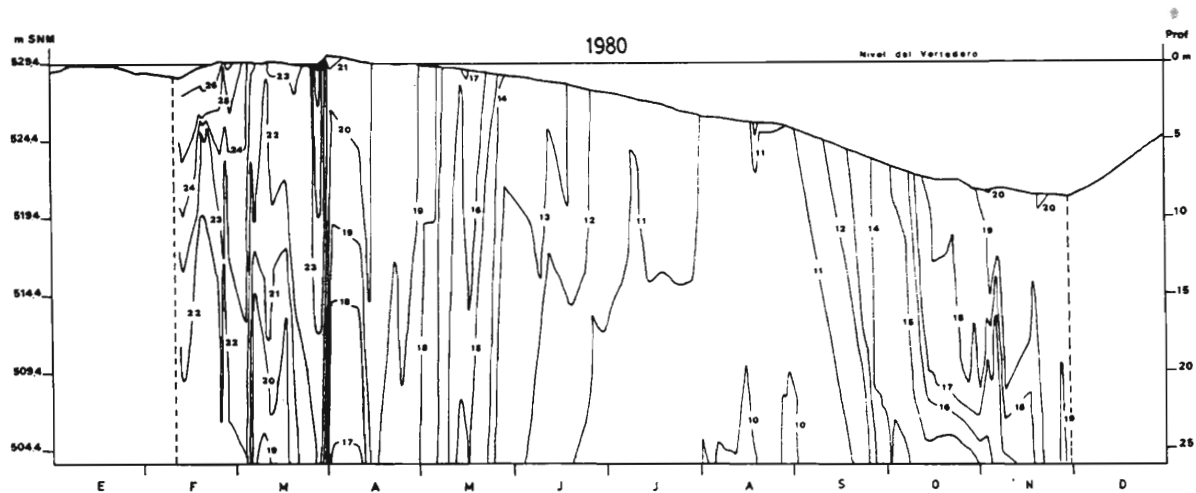


Fig. 3d.— DIAGRAMA PROFUNDIDAD—TIEMPO DE LAS ISOTERMAS (°C) EN EL EMBALSE RIO III (1980).

## DIAGRAMAS PROFUNDIDAD- TIEMPO DE LAS ISOTERMAS

Del análisis de los diagramas profundidad-tiempo de las isotermas que hemos confeccionado para 1977-1980 (fig. 3a-d) surge lo siguiente: frecuentemente los cambios de temperatura no son paulatinos, sino que se producen saltos que afectan a toda la masa de agua sin que se destruya el gradiente vertical, cuando lo hay. De esta manera las isotermas en la época más cálida tienen un recorrido zigzagueante. Este fenómeno es consecuencia de un rápido calentamiento superficial del agua en días de calma y fuerte radiación, seguido de una etapa de mezcla con capas más profundas. En invierno, con una columna de agua homoterma, los cambios climáticos más o menos bruscos también pueden manifestarse en cambios de temperatura en toda la masa de agua, con isotermas verticales cuyos valores se repiten alternándose con otros más bajos o más elevados (por ejemplo en agosto-setiembre de 1978, fig. 3b). Al final de la primavera y en verano se establecen netos períodos de estratificación térmica.

El promedio mensual multianual (1971-1980) de la diferencia entre la temperatura de superficie y la del fondo fue de aproximadamente 5-6° C para enero y diciembre, 4-5° C para febrero y noviembre, 3° C para marzo y octubre, 2° C para abril y setiembre y 1° C para mayo, junio, julio y agosto. Al calcular estos valores no se han tenido en cuenta los promedios mensuales basados en mediciones escasas o mal distribuidas a lo largo del mes, ni tampoco los registros correspondientes a épocas de extrema escasez de agua en el embalse. Como se verá más adelante, con poco volumen de agua embalsada el gradiente de temperatura entre superficie y fondo disminuye, lo cual no siempre implica una estratificación más débil.

La alternancia de un período anual de estratificación térmica con otro de circulación en el Embalse Río III, así como su ubicación geográfica y su altura sobre el nivel del mar, lo encuadran perfectamente dentro de la categoría "cálido monomictico" del esquema de Hutchinson & Löffler (1956). La mayoría de los embalses del centro-norte argentino deben pertenecer a la misma categoría, pero sólo en un caso existen registros de temperatura a lo largo de más de un año (Menu Marque et al., 1983) que confirmen esto.

## GRADIENTE TERMICO VERTICAL Y FLUCTUACIONES DE NIVEL

La regularidad de las oscilaciones de temperatura y del nivel de agua en el Embalse Río III a lo largo del ciclo anual (fig. 4) se ve algo alterada por las diferencias lógicas debidas a las condiciones climáticas especiales de cada año y particularmente a las precipitaciones. Ya hemos mencionado que a partir del mes de setiembre comienzan las lluvias, alcanzando las aguas del embalse su máxima altura (a veces sobrepasando el nivel del vertedero) en los meses de enero y febrero y luego descendiendo hasta la primavera siguiente. Sin embargo, después de un período de precipitaciones escasas, o de intenso consumo de agua (uso hidroeléctrico, irrigación) y sobre todo si las lluvias primaverales se retrasan, se llega al verano con un nivel de agua mucho más bajo que en años de régimen normal.

Un buen ejemplo de lo dicho lo representa el año 1977, en que el nivel de agua

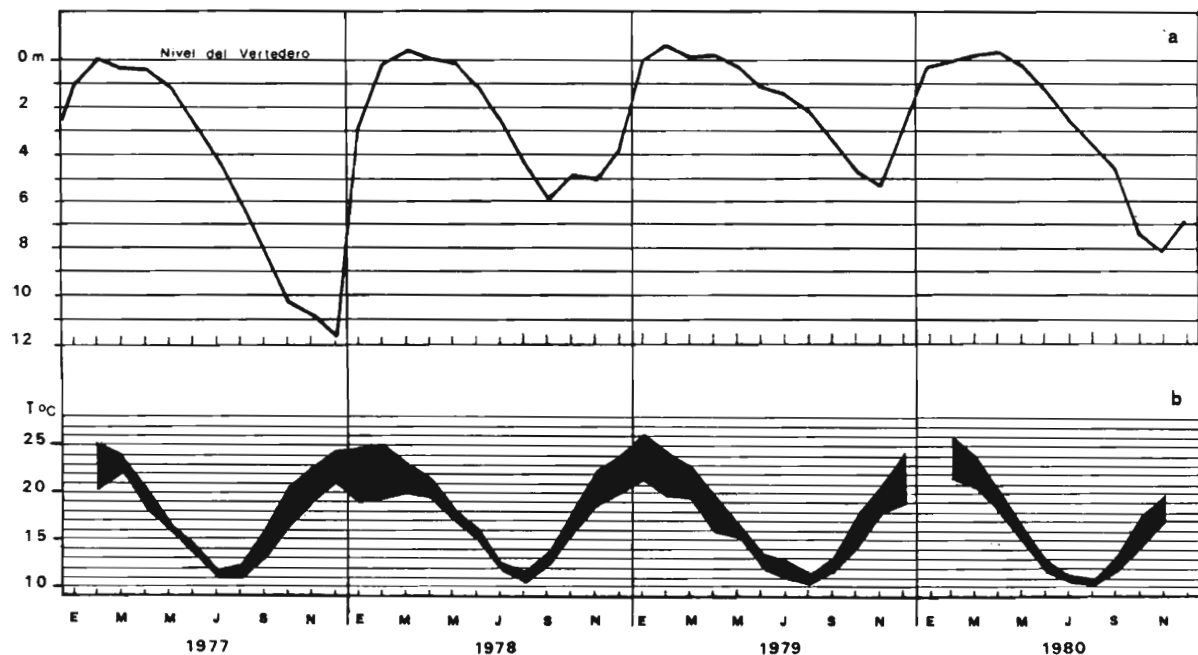


Fig. 4. -- FLUCTUACIONES DEL NIVEL DE AGUA (a) Y DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE Y FONDO (b) EN EL EMBALSE RIO III  
(Los datos corresponden a promedios mensuales).



durante el invierno se mantuvo en varios metros por debajo del de otros años y las lluvias importantes comenzaron a caer recién en diciembre, de modo que el volumen embalsado siguió disminuyendo hasta ese mes, llegando a producirse una bajante poco usual de hasta casi 12 m por debajo del nivel cero. La temperatura del fondo fue en diciembre 1-2° C más alta que en los años siguientes, mientras que la diferencia entre la temperatura de superficie y la del fondo era de 3,4° C o sea cerca de 2° C menor que en otros años. Las abundantes precipitaciones posteriores determinaron la afluencia repentina de un gran volumen de agua que se distribuyó en las capas profundas del embalse, con lo que la temperatura en el fondo sufrió un descenso de diciembre a enero de 2,2° C en promedio (fenómeno inusual para esta época) y la de superficie aumentó en sólo 0,2° C (ver fig. 4a,b).

Entre los antecedentes bibliográficos sobre el Embalse Río III encontramos varias menciones sobre el escaso gradiente térmico en la columna de agua durante la época estival. Dejando de lado los datos aportados por Cordini (1950), los que por las razones ya expuestas son poco fehacientes, vemos que la diferencia de sólo 3° C entre superficie y fondo en verano reportada por Bonetto et al. (1976) se explica, al igual que en el ejemplo del año 1977, por la escasez de agua en el embalse. En efecto, las mediciones en cuestión corresponden a enero de 1972, fecha para la que después de una seca más pronunciada que la recién descrita, se alcanzó el nivel mínimo de la historia del embalse, a saber, 15,75 m por debajo del umbral del vertedero (fig. 2). El promedio de la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo fue de 3,5° C para ese mes.

De los diagramas de distribución espacio-temporal de la temperatura del agua en verano de 1979 de Mariazzi & Conzonno (1980) y Mariazzi et al. (1981a) también se deduce una estratificación muy moderada. Esto quizás pueda encontrar su explicación en que las mediciones en que se basaron dichos diagramas fueron efectuadas con una periodicidad de dos meses, lapso que de acuerdo a las características del embalse que aquí se exponen, resulta demasiado prolongado como para lograr mayor exactitud en la interpolación de los datos de temperatura.

Es de hacer notar que al haber poca agua en el embalse esta se calienta más presentando una mayor resistencia térmica relativa a la mezcla. En otras palabras, como por encima de los 4° C la diferencia de densidad del agua por cada grado de temperatura es cada vez mayor, un pequeño gradiente térmico en la columna de agua no necesariamente implica una estratificación más débil que la que puede encontrarse en aguas más frías aunque con gradiente térmico más pronunciado (Vallentyne, 1978 Wetzell, 1971). De hecho, tanto en 1972 como en 1977, a pesar de la escasa variación vertical de la temperatura se ha encontrado una marcada estratificación química (ver Bonetto et al., 1976 y Mariazzi et al., 1981 respectivamente).

## PERFILES TERMICOS

Los registros estivales de la distribución vertical de la temperatura en el embalse permitieron establecer dos tipos de perfiles térmicos característicos del mismo, los que se ejemplifican en la figura 5 y se describen a continuación.

1.— Perfil con discontinuidad térmica reducida que suele alternarse con otros

de pendiente aún más regular, típico, según Wetzel (1981), de ambientes con mucha turbulencia (fig. 5a). Este tipo de perfil fue el que se presentó en el embalse con mayor frecuencia.

2.- Perfil escalonado, con varias termoclinas que delimitan un metalimnio principal entre los 17 y 18 m, otro a los 12-13 m y hasta tres más por encima de los 10 m, siendo los de mayor profundidad los más estables (fig. 5b). Los perfiles escalonados son consecuencia de momentos de gran calentamiento que se alternan con otros de fuerte mezcla y según Hutchinson (1957) se dan con mayor frecuencia de lo

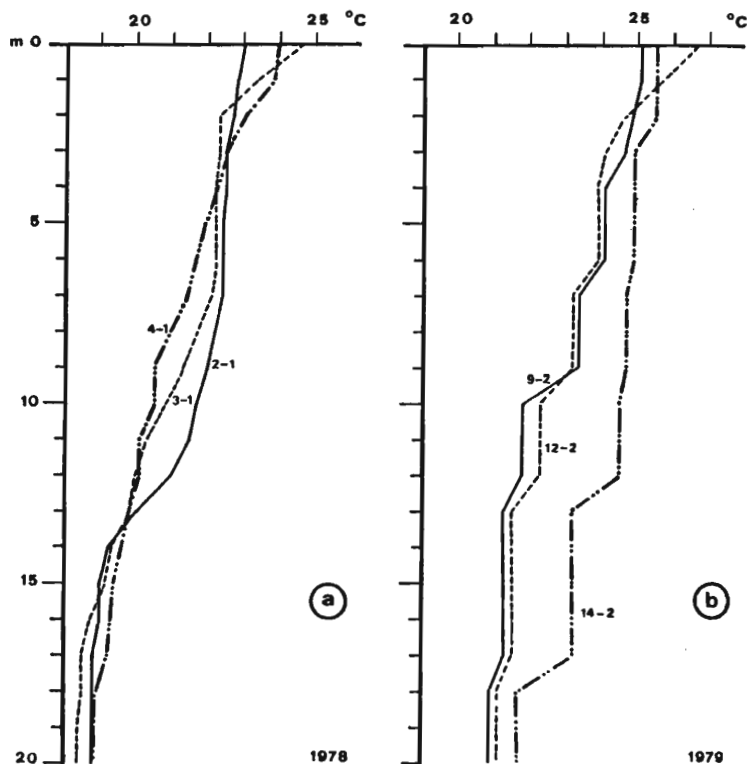


Fig. 5.— PERFILES TERMICOS CARACTERISTICOS DE LA EPOCA DE ESTRATIFICACION ESTIVAL EN EL EMBALSE RIO III. (a) Perfil con discontinuidad térmica reducida; (b) Perfil escalonado con varias termoclinas.

que en general se supone. Este esquema se mantuvo en el embalse durante todo el verano de 1979 y parte del otoño, aunque con gradientes menos pronunciados.

Cabe recordar que todos los registros de temperatura examinados corresponden a la estación Boya Meteorológica ubicada en el centro del embalse, y que en general en los embalses la distribución de la temperatura no es tan regular en el espacio como puede serlo en un lago. Esto se aprecia, para el caso que nos ocupa, en los perfiles obtenidos por Boschi & Fuster de Plaza (1959).

## EMBALSE RIO III vs. EMBALSE CASSAFFOUSTH

El embalse Cassaffousth o de la Segunda Usina es un pequeño cuerpo de agua alotrófico que se encuentra a un kilómetro aguas abajo del Embalse Río III. La comparación entre ambos, dejando de lado sus diferencias morfológicas (fig. 1, tabla I), ilustra como el comportamiento térmico de las masas de agua responde en gran medida a características hidrológicas particulares.

Mientras que en el Embalse Río III la tasa de renovación media es de 2,27 volúmenes anuales, en el Cassaffousth ésta es cercana a 100, lo que implica un tiempo medio de residencia extremadamente corto, a saber, de aproximadamente cuatro días. Pero a pesar de la corriente mucho más rápida, aquí la estratificación térmica es más marcada y estable, delimitándose un hipolimnio bien neto. Fuera de los períodos de estratificación, los registros térmicos son similares en ambos cuerpos de agua, pero los perfiles de fines de primavera y verano (fig. 6), obtenidos simultáneamente en uno y otro, muestran que en el Cassaffousth la temperatura en superficie es inferior en 1 a 1,5° C y hasta 8° C más baja la del fondo. Durante el verano, el agua proveniente de una capa de varios metros adyacente al fondo presenta un fuerte olor a ácido sulfhídrico, índice de una anoxia prolongada y por lo tanto de falta de mezcla con las capas superficiales. En el Embalse Río III este fenómeno es menos pronunciado, aunque el agua que descarga en la base del dique, a través del túnel aliviador, también suele presentar olor a SH<sub>2</sub> (lo cual ya había sido notado por Marini (1930), quien lo consideró como una consecuencia de la descomposición de la vegetación del valle del Río Tercero, inundado sin previo desmonte).

La principal explicación a las diferencias encontradas en el comportamiento de estos dos ambientes reside en que la descarga de agua en el Embalse Río III se realiza a través de una toma profunda, mientras que el Cassaffousth descarga a través de una toma superficial. En el primer caso, la evacuación del agua hipolimnética contribuye a cierta inestabilidad en la estratificación y favorece la retención de calor. En el segundo caso, al no renovarse el agua de las capas inferiores, el hipolimnio permanece estable durante la época estival, estableciéndose, en cambio, una fuerte corriente superficial. Aquí las temperaturas son más bajas no sólo porque el Cassaffousth es alimentado por agua proveniente de las capas profundas del Embalse Río III, sino también debido a la rápida renovación del agua epilimnética, con la consiguiente pérdida de calor.

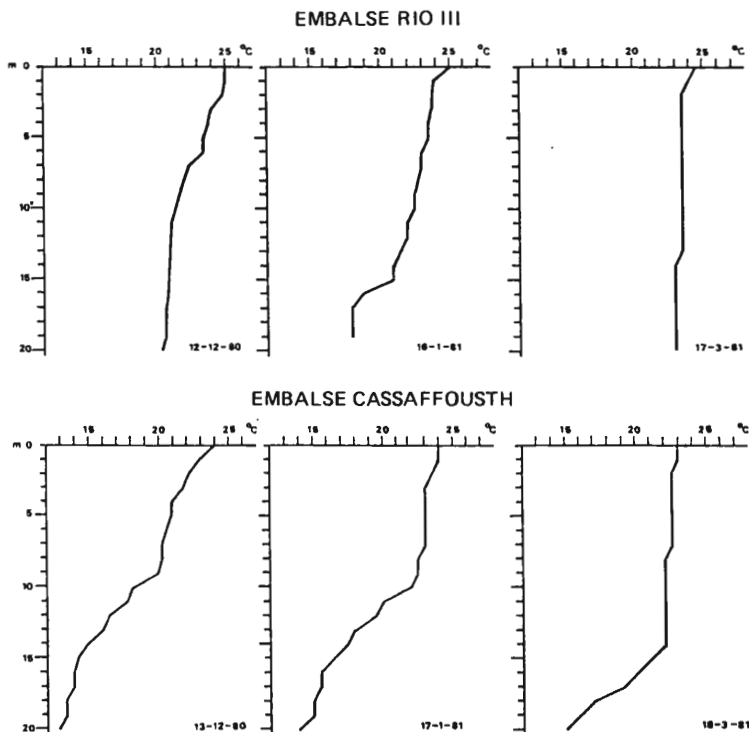


Fig. 6.- COMPARACION ENTRE LOS PERFILES TERMICOS ESTIVALES DEL EMBALSE RIO III Y LOS DEL EMBALSE CASSAFFOUTH.

## FACTORES FISICOS Y FLORACIONES ALGALES

Como se ha dicho al principio, temperatura e hidrología son factores que influyen de diferentes maneras sobre la vida en el embalse, tanto por sí mismos como interactuando. La temperatura y sus fluctuaciones actúan de manera directa sobre el metabolismo de los seres vivos que habitan en el embalse e indirectamente, determinando variaciones en la densidad del agua que llevan a la alternancia de períodos de estratificación con otros de mezcla. Esta alternancia es otro factor ecológico de importancia que incide sobre el comportamiento de los organismos. Al mismo tiempo e-

grado de estratificación como ya hemos visto también depende de algunas características hidrológicas

La afluencia de agua al embalse implica el aporte de diversas sustancias exógenas y entre ellas de nutrientes vegetales. Por su parte la reinundación de costas incorpora al agua los nutrientes provenientes de la materia orgánica sedimentada durante el ciclo anterior y rápidamente oxidada al quedar en contacto con la atmósfera, así como de aquellos materiales depositados o producidos durante la permanencia de la costa al descubierto. También como consecuencia de la reinundación vuelven a adquirir viabilidad los estados de resistencia de diversos microorganismos que habían quedado fuera del agua.

A pesar de que este panorama resulta algo complejo, es posible relacionar temperatura e hidrología con particularidades del ciclo del fitoplancton, cuya importancia en el embalse radica en que al no haber desarrollo importante de la vegetación costera, la mayor parte de la producción de sus aguas depende de él. De hecho, tratándose de un cuerpo de agua eutrófico, es frecuente la ocurrencia de floraciones algales.

Adelantando algunos resultados, en su mayor parte inéditos, de estudios realizados en el Embalse Río III entre 1977 y 1981, podemos decir que su fitoplancton presenta dos pulsos anuales regulares, uno con apogeo en verano y el otro en primavera. El primero se debe al dinoflagelado *Peridinium gatunense* y el segundo a la cianofícea *Anabena spiroides* o a clorofíceas (*Closterium aciculare*, *Sphaerocystis Schroeteri*). También tienen lugar en el embalse importantes floraciones de diatomeas (*Melosira granulata*, *Actinocyclus normanii*), pero estas siguen un esquema temporal menos regular y por lo tanto menos previsible (Boltovskoy et al., 1980; Gómez, N., 1984a,b).

Una relación interesante que surge del estudio detallado de los parámetros físicos y el plancton, es la aparente conexión que existe entre el nivel de agua en el embalse y las floraciones primaverales. Estas últimas comienzan a desarrollarse cuando el agua alcanza sus niveles más bajos y decaen al comenzar las lluvias más intensas, junto con el rápido aumento del volumen de agua embalsado. En el período relevado por nosotros, sólo en 1977 se desarrolló la cianofícea *A. spiroides* que aún en mayo de 1978 se encontraban en cantidades apreciables en el embalse. Los demás años las cianofíceas estuvieron poco representadas, siendo reemplazadas por diferentes proporciones de las clorofíceas ya mencionadas. Justamente en 1977 fue mucho menor el volumen de agua embalsado durante el invierno y primavera (fig. 4). Esta relación entre la cantidad de agua en el embalse y el tipo de algas que florecen en primavera, coincide con algunos otros datos, propios y de la bibliografía: el nivel del agua en el embalse durante casi todo el año 1976 también fue muy bajo, y aunque no tenemos muestras de primavera de ese año, en las de abril de 1977 aún encontramos abundancia de *A. spiroides*, presuntamente como resabio de la floración de primavera. Por último, Boneto et al. (1976) encuentran que en primavera de 1971 esta especie forma un 93% de toda la población algal y en verano de 1972 el 33%, fechas que corresponden a un período durante el que se registró el volumen mínimo al que ha descendido el agua en la historia del embalse. Aunque es posible que una etapa previa de escasez de agua no sea imprescindible para que se desarrolle la floración de *A.*

**spiroides**, en todos los casos en que se poseen datos, las floraciones primaverales de esta alga fueron precedidas por inviernos con poca agua embalsada. Cabría agregar que otra cianofícea, **Microcystis** sp. tuvo en ocasiones un desarrollo masivo en este ambiente (Cordini, 1950, observaciones propias de setiembre de 1984), pero no se posee mayor información al respecto.

La población de dinoflagelados, productores de las floraciones de fines de verano, también guarda una estrecha relación con el ciclo térmico e hidrológico, siguiendo a la curva de temperatura con aproximadamente 1-2 meses de retraso respecto de sus máximos y sus mínimos, y demostrando un marcado paralelismo con la curva de variaciones del nivel de agua. Aunque esto último podría hacer suponer que lo que favorece a los dinoflagelados es el aporte de nutrientes exógenos, sabemos que la escasez de lluvias no impide su desarrollo masivo.

Las floraciones de diatomeas, por su parte, no manifiestan una periodicidad tan estricta como la de los dinoflagelados. Los picos de diatomeas parecen tener relación con temperaturas moderadas y circulación del agua.

Dada la estratificación térmica primaveral y estival, y la abundancia de plancton es de esperar que en el embalse haya períodos de escasez o agotamiento de oxígeno cerca del fondo. En efecto, en todos los estudios en que se ha medido el oxígeno disuelto durante la época calurosa (Marini, 1939; Cordini, 1950, Boschi & Fuster de Plaza, 1959; Bonetto et al, 1976; Mariazzi et al., 1981b), se detectó una fuerte disminución de este gas hacia el fondo, con un mínimo de 0,2 mg/l. Sin embargo, según Mariazzi et al. (op. cit.), en dos ciclos anuales sucesivos, el descenso del tenor de oxígeno disuelto más marcado se registró en los meses de noviembre (1977 y 1978) y marzo (1978 y 1979), y no a lo largo de todo el período de estratificación. Precisamente en esas fechas tenían lugar los apogeos de las floraciones. Es evidente que el agotamiento del oxígeno en las capas profundas durante la estratificación se ve acelerado por la oxidación de abundante sustancia orgánica muerta proveniente de la zona fótica, que va siendo depositada.

El aumento del tenor de oxígeno entre la floración primaveral y la de verano denota cierta inestabilidad en la estratificación, la que no aislaría totalmente al hipolimnio a lo largo de toda la temporada cálida, permitiendo por momentos alguna mezcla con capas superficiales más oxigenadas.

## EL FUTURO DEL EMBALSE RIO III

El esquema delineado del comportamiento térmico e hidrológico del Embalse Río III deberá sufrir algunas modificaciones, desde el momento de la puesta en marcha de la Central Nuclear Embalse en 1983 y del Complejo Hidroeléctrico Río Grande Nº1 durante el transcurso de 1985.

La primera utiliza el agua del embalse como refrigerante, tomándola de los 15 m de profundidad en la zona de la garganta y devolviéndola al mismo en superficie por medio de un canal de descarga en la confluencia de los ríos La Cruz y Quiñilzo. El Complejo Hidroeléctrico Río Grande, aguas arriba del río del mismo nom-

bre (fig.1), está compuesto por los embalses Cerro Pelado y Arroyo Corto, de 350 y 29 Hm<sup>3</sup> de capacidad, respectivamente. Durante el tiempo de mayor demanda de energía eléctrica se turbinará el agua del embalse Cerro Pelado, la que se acumulará en el embalse Arroyo Corto. Durante las horas de bajo consumo se aprovechará la energía sobrante del sistema interconectado para elevar agua por bombeo desde este último al primero.

Aproximadamente la tercera parte de toda el agua que recibe el Embalse Río III proviene del Río Grande y las nuevas presas permitirán el mejor aprovechamiento del caudal aguas abajo, atenuando las crecidas. La mayor capacidad de la regulación del nivel del Embalse Río III mantendrá las oscilaciones del mismo dentro de los límites requeridos por la Central Nuclear para su correcto funcionamiento. Los niveles y volúmenes embalsados serán superiores a los registrados en los años anteriores durante la estación seca (mayo a octubre) incrementándose entonces el tiempo de residencia. La pérdida de la capacidad de almacenamiento del Embalse Río III por relleno sufrirá un retraso por la retención de sedimentos en los embalses aguas arriba (Gómez, H.R., 1984).

Como consecuencia de lo expuesto es de esperar que en el medio ambiente estudiado se produzca una serie de alteraciones, algunas de ellas de efecto contrario, más o menos previsibles cualitativamente, aunque difícilmente cuantificables.

La mayor regularidad y la menor amplitud de las oscilaciones del nivel de agua ocasionaría una mayor degradación de las costas por acción de las olas y corrientes en la franja restringida entre 0 y 6,5m (Gómez, H.R., op.cit.), aunque también favorecería el desarrollo de vegetación fanerogámica costera, actualmente relativamente escasa, lo cual tendría el efecto contrario.

Dos factores pueden provocar un leve aumento de la temperatura en el embalse. Uno es la descarga de agua proveniente de la Central Nuclear y el otro, la reducción o anulación de la descarga de agua por el vertedero durante la estación cálida, como consecuencia de la regulación de caudales. En oposición a esto será más fría el agua aportada por el Río Grande desde el embalse Arroyo Corto. Este último difícilmente desarrolle una buena estratificación, a causa de su pequeño volumen en relación a la gran circulación característica de su funcionamiento, pero será alimentado por aguas frías de las capas inferiores del embalse Cerro Pelado.

Desde el punto de vista biológico, el mero aumento de la temperatura del agua, puede llegar a provocar un desplazamiento en favor de una mayor eutroficación del ecosistema. Esto también puede verse favorecido por el aporte de sustancias orgánicas desde los embalses aguas arriba, en parte en forma de organismos vivos que allí se desarrollen y también desde las costas, como producto de la actividad de una creciente población humana. La estabilización del nivel, así como el mayor volumen embalsado y una estratificación probablemente más estable deberían frenar este proceso, debido a una retención más eficaz de las sustancias orgánicas en los sedimentos. En el mismo sentido actuarían las macrófitas, reteniendo los nutrientes aportados desde las áreas costeras.

Pueden agregarse a este panorama algunos fenómenos más o menos locales tales como la perturbación de la estratificación en las inmediaciones de la toma de agua de la Central Nuclear la que extraerá alrededor de 45 m<sup>3</sup>/s y la contaminación

térmica y orgánica en la desembocadura de los ríos La Cruz y Quillinzo. La elevación de la temperatura en esta zona deberá manifestarse principalmente durante el período de circulación y mezcla, porque en la época de estratificación el agua extraída en profundidad como refrigerante será más fría que la que se encuentre en superficie en el área de descarga. Con respecto a la contaminación orgánica, según nuestras estimaciones, junto con el agua pasarán por las instalaciones de la Central Nuclear varias toneladas de organismos planctónicos por día, de los que cierta proporción resultará dañada o morirá quedando depositada en la desembocadura del canal de descarga de la misma.

La evaluación de las modificaciones que habrán de introducirse en el medio ambiente estudiado, permite concluir que las nuevas condiciones hidrológicas, actuando directa o indirectamente son las que incidirán en mayor medida, condicionando en muchos casos a la distribución del calor en el embalse.

## CONCLUSIONES

1.- De acuerdo a sus características térmicas, hidrológicas y geográficas, el Embalse Río III debe incluirse dentro de la categoría de "cálido monomítico" de Hutchinson & Loeffler.

2.- Un aspecto relevante del Embalse Río III es la gran amplitud de las variaciones anuales del nivel de agua, con volúmenes mínimos en primavera y máximos en verano. El retraso de la temporada lluviosa puede causar bajantes muy pronunciadas a veces hasta después de comenzado el verano. El promedio mensual de la diferencia de temperatura entre superficie y fondo es máximo en enero; esta diferencia suele reducirse cuando el volumen de agua embalsada es pequeño. Sin embargo, aún con poca diferencia de temperatura entre superficie y fondo, un recalentamiento del agua puede producir el mismo efecto de estratificación que con mayor gradiente a temperaturas más bajas. En general, la curva de temperatura del fondo sigue la tendencia de la de superficie, salvo en el caso de repentinos aportes de volúmenes de agua grandes en relación al volumen embalsado en ese momento, lo que puede llevar a un descenso de la temperatura en el fondo mientras que la de superficie sigue elevándose.

3.- La variación de la temperatura del agua del embalse en el tiempo no es paulatina, produciéndose altibajos debido a cortos períodos de recalentamiento del agua superficial, seguidos de otros de enfriamiento y mezcla. El estudio de los perfiles térmicos muestra que pueden desarrollarse dos formas típicas de estratificación, a saber: una con discontinuidad térmica reducida, y otra con un perfil escalonado que da lugar a un termoclina profunda muy estable y otras más superficiales, cuya estabilidad es menor mientras más cerca se encuentran de la superficie.

4.- La comparación del comportamiento térmico del Embalse Río III con el del vecino embalse Cassaffouth, pone en evidencia, en verano, una estratificación mucho más estable y marcada en el segundo, a pesar de su altísima tasa de renovación. Esto se debe a que mientras que el Embalse Río III descarga agua a través de una toma profunda, en el Cassaffouth la descarga se produce en superficie. En consecuencia aparece cierta inestabilidad en la estratificación del primero, en tanto que en



el segundo una fuerte corriente superficial permite que su hipolimnio permanezca sin renovarse. Estos mecanismos favorecen la retención de calor en el Embalse Río III y su pérdida en el Cassaffouth, lo cual se ve reflejado en las temperaturas, más bajas en este último.

5.— Existe una clara relación entre los ciclos térmico e hidrológico del embalse y la sucesión de los florecimientos de algunas algas. Mientras las fluctuaciones de la población de dinoflagelados sigue con cierto retraso a la curva de temperatura, con apogeo poco después de los registros térmicos más altos, las floraciones de clorofíceas y cianofíceas tienen su máximo desarrollo en primavera, cuando el nivel de agua del embalse ya ha descendido y merman cuando éste comienza a elevarse. En los casos estudiados, un invierno con poca agua embalsada precede a las floraciones primaverales de una de las especies de cianofíceas, mientras que, si la cantidad de agua embalsada es normal a lo largo del año, el pico de primavera corresponde a clorofíceas. Durante el período de aguas estratificadas los registros más bajos del tenor de oxígeno en las capas de agua cercanas al fondo coinciden con los picos máximos de las floraciones, lo cual se adjudica al consumo de este gas en la oxidación del abundante plancton muerto que va sedimentando.

6.— El funcionamiento de la Central Nuclear Embalse y del Complejo Hidroeléctrico Río Grande deberán introducir algunos cambios en las condiciones reinantes en el Embalse Río III, como consecuencia de su utilización como cuerpo de agua refrigerante y de la nueva capacidad de regulación de caudales que permitirá mantener un mayor volumen embalsado durante la estación seca y reducirá la amplitud de las oscilaciones del nivel de agua. Entre los cambios introducidos pueden preverse: a) la reducción en el aporte de sedimentos al embalse; b) un aumento de la degradación de costas entre 0 y 6,5 m, quizás contrarrestada por un mayor desarrollo de la vegetación costera; c) variaciones en la temperatura del agua debidas a su utilización como refrigerante así como por la llegada de agua más fría desde los nuevos embalses del Río Grande; d) mayor aporte de sustancias orgánicas, pero su retención más eficaz en los sedimentos y por parte de la vegetación fanerogámica costera; e) fenómenos restringidos de perturbación de la estratificación y de contaminación térmica y orgánica. Las alteraciones del régimen hidrológico aparecen como el factor preponderante en la determinación de las nuevas condiciones en el embalse.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al director y a todo el personal de la Estación de Piscicultura de Embalse por permitir el uso de las instalaciones de la misma y por el apoyo brindado durante el transcurso de las tareas de campo. A la Comisión Nacional de Energía Atómica y a la empresa Agua y Energía Eléctrica por los datos de temperatura y de variaciones del nivel del agua, los que posibilitaron la realización de este trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

- BERRI G. J. & Robbio C. A. 1983. Evaluación meteorológica del emplazamiento de Central Nuclear Embalse. Período 1972-1981. Estudio ambiental en la zona de emplazamiento de la Central Nuclear en Embalse. Córdoba. CNEA. *Gerencia de protección radiológica y seguridad. División estudios de emplazamiento*. Buenos Aires: 1-192.
- BOLTOVSKOY A., BATTISTONI P. A., GOMEZ N., ESCALANTE A. H., SOLARI L. & VUCETICH M. C. 1980. El plancton del Embalse Río III, Córdoba, Argentina. *VII Reunión Argentina de Ecología*. Santa Fe.
- BONETTO A. A., DI PERSIA D. H., MAGLIANESI R. & CORIGLIANO M. del C. 1976. Caracteres limnológicos de algunos lagos eutróficos de embalse de la región central de Argentina. *Ecosur* 3 (5): 47-120.
- BOSCHI E. E. & FUSTER de PLAZA M. L. 1959. Estudio ecológico pesquero del pejerrey del Embalse del Río III (*Basilichthys bonariensis*). Una contribución al conocimiento limnológico del embalse. *Secr. Agric. Ganad. Nac., Dpto. Invest. Pesqueras. Public. N 8*:1-61
- CORDINI J. M. 1950. Contribución al conocimiento limnológico del Embalse del Río Tercero (Córdoba). *Min. Agric. de la Nac., Dción. Gral., de Pesca y Conserv. de la Fauna, Publ. Misc. N 331*:1-36.
- DRAGO E. C. & DEPETRIS P. J. 1974. Contribución al conocimiento morfométrico y sedimentológico del Embalse del Río III (Córdoba). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 5:29-31.
- FITZ SIMON S. E. 1938. Obras de Embalse del Río Tercero y Usina Hidroeléctrica de 15.000 HP. *Min. Obr. Publ. Nac., Dción. Gral. Irrigación*, Buenos Aires, 24pp.
- GOMEZ H. R. 1984. Análisis preventivo para la Central Nuclear Embalse. Habilitación y puesta en marcha del Complejo Río Grande (1º informe de avance). *Comisión Nacional de Energía Atómica*. Ezeiza. 31 pp.
- GOMEZ N. 1984a. Variaciones espacio-temporales de *Closterium aciculare* var. *subprunum* (Desmidiaceae) en el Embalse de Río Tercero, Córdoba, Argentina. *Limnobiós* 2(8):556-561.
- GOMEZ N. 1984b. Presencia de *Actinocyclus normanii* fa. *subsalsa* en aguas mediterráneas argentinas. *Limnobiós* 2(8):579-580.
- HUTCHINSON G. L. 1957. *A Treatise on Limnology. Vol. I* John Wiley and Sons. Inc. New York. London. 1015 pp.
- HUTCHINSON G. L. & LOFFLER H. 1956. The thermal classification of lakes. *Proc. Nat. Acad. Sci. Washington* 42: 84-86.
- MARGALEF R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona. 1010 pp.
- MARGALEF R., PLANAS D., ARMENGOL J., VIDAL A., PRAT N., GUISET A., TOJA J. & ESTRADA M. 1976. *Limnología de los embalses españoles*. Dir. Gral. Obr. Públ. Madrid: 422+85 pp.

- MARIAZZI A. A. & CONZONNO V. H. 1980. Distribución de clorofila-a y producción fotosintética en el Embalse Río III. I.- Primeros resultados. *Limnobiós* 2 (1): 54-67.
- MARIAZZI A.A., ROMERO M.C. & CONZONNO V.H. 1981 a. Producción primaria, bacterias, nutrientes y otros factores ecológicos en el Embalse del Río III (Córdoba). *Limnobiós* 2 (3): 153-177.
- MARIAZZI A. A., ROMERO M. C., VILLALOBOS E. R., DI SIERVI M. A. & MA-RIÑELARENA A. 1981 b. Estudio bacteriológico en el Embalse del Río III (Pcia. de Córdoba, Argentina). Factores ecológicos, predicciones sobre efectos térmicos. *Limnobiós* 2 (2): 89-110.
- MARINI T. L. 1939. Trabajos de piscicultura en el Embalse del Río Tercero. *Physis* 18 (50): 497-510.
- MENU MARQUE S. A., FERNANDEZ H. F. & MIGUEL de GONZALEZ M. B. 1983. Estudio limnológico del embalse La Florida, San Luis. Subsecr. de Est. de Asuntos Agr., Direc. de Rec. Nat. Renov. Prov. de San Luis. Ed. mimeografiada
- VALLENTYNE J. R. 1978. *Introducción a la Limnología. Los lagos y el hombre*. Ed. Omega. Barcelona. 170 pp.
- WETZEL G. 1981. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona. 679 pp.
- ZUNINO R. C. & MIGLIORI S. 1983. Algunos aspectos hidrológicos del Río Tercero y registros térmicos en el embalse del mismo. Estudio ambiental en la zona de emplazamiento de la Central Nuclear en Embalse. Córdoba. CNEA. *Gerencia de protección radiológica y seguridad. División estudios de emplazamiento*. Buenos Aires:1-226.
-